CANMET

Canada Centre for Mineral and Energy Technology

Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie

RAPPORT 84-4F

GTS-1: UN ÉCHANTILLON DE RÉSIDUS D'OR DE RÉFÉRENCE

H.F. STEGER ET W.S. BOWMAN

18 pp

PROGRAMME DE RECHERCHE SUR LES MINÉRAUX
LABORATOIRES DES SCIENCES MINÉRALES

AVRIL 1984

Energy, Mines and Resources Canada
Énergie, Mines et Ressources Canada

Canada

85-2046/

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1984

En vente au Canada par l'entremise de nos

agents libraires agréés
et autres librairies

ou par la poste au:

Centre d'édition du gouvernement du Canada
Approvisionnements et Services Canada
Ottawa, Canada, K1A 0S9

N° de catalogue M38-13/84-4F
ISBN 0-660-91386-0

Canada: 3,00$
à l'étranger: 3,60$

Prix sujet à changement sans préavis
Available in English

GTS-1: ÉCHANTILLON DE RÉFÉRENCE DES RÉSIDUS D'OR

par

H.F. Steger* et W.S. Bowman**

SYNOPSIS

Un échantillon mixte de 295 kg de résidus d'or provenant de Kirkland Lake et de South Porcupine en Ontario a été préparé comme matériau de référence de composition. Le GTS-1 a été tamisé à une granulométrie de moins 74 µm, mélangé en lot de minerai et embouteillé en unités de 400 g. L'homogénéité de GTS-1 a été confirmée quant à l'or par une méthode analytique qui combine des techniques pyrognostiques et d'absorption atomique.

En vertu d'un programme analytique de "libre choix", 22 laboratoires ont fourni des résultats sur la teneur en or d'un flacon de GTS-1. L'analyse statistique des donnés fut utilisée pour attribuer une valeur recommandée de 3,346 µg/g ou 0,0101 oz/tonne à l'or.

---

*Chercheur scientifique et **Technologue, Laboratoires des sciences minérales, CANMET, Énergie, Mines et Ressources Canada, Ottawa, K1A 0G1.

Nota: Ce travail a été fait en collaboration avec d'autres employés des Laboratoires des sciences minérales.

GTS-1: A CERTIFIED REFERENCE GOLD TAILINGS SAMPLE

by

H.F. Steger* and W.S. Bowman**

SYNOPSIS

A 295-kg composite sample of gold tailings from Kirkland Lake and South Porcupine, Ontario, was prepared as a compositional reference material. GTS-1 was passed through a 74 µm screen, blended in one lot and bottled in 400-g units. Its homogeneity was confirmed by a combined fire assay-atomic absorption procedure for gold.

In a "free choice" analytical program, 22 laboratories contributed results for gold in one bottle of GTS-1. Based on a statistical analysis of the data, a recommended value was assigned for Au at 0.346 µg/g or 0.0101 oz/ton.

---

*Research Scientist and **Technologist, Mineral Sciences Laboratories, CANMET, Energy, Mines and Resources Canada, Ottawa, K1A 0G1.

Note: Major contributions were also made by other staff members of the Mineral Sciences Laboratories.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
SYNOPSIS	i
SYNOPSIS	ii
INTRODUCTION	1
NATURE ET PRÉPARATION	1
PROGRAMME INTERLABORATOIRES DE CERTIFICATION	2
TRAITEMENT STATISTIQUE DES RÉSULTATS ANALYTIQUES	4
Détection des valeurs aberrantes	4
Estimation de la valeur reconnue et des limites de confiance de 95 %	4
Critère de certification	5
DISCUSSION	5
BIBLIOGRAPHIE	6
ANNEXE A - CONFIRMATION DE L'HOMOGÉNÉITÉ DU GTS-1	7
ANNEXE B - LABORATOIRES PARTICIPANTS	11

TABLEAUX

N°		
1.	Composition chimique approximative du GTS-1	1
2.	Analyse granulométrique du GTS-1 (tamisage par voie humide)	2
3.	Valeur recommandée et paramètres statistiques associés pour l'or contenu dans le GTS-1	2
4.	Résumé des méthodes analytiques pour l'or	2
5.	Résultats analytiques, moyennes de laboratoire et écarts-types pour l'or	5
6.	Confirmation de l'homogénéité du GTS-1	9

FIGURES

1.	Histogramme des résultats pour l'or	6

INTRODUCTION

La préparation, la caractérisation et la certification de l'échantillon de résidus d'or GTS-1 sont une autre contribution du Projet canadien des matériaux de référence (PCMR). Ce dernier vise à fournir des minerais, des concentrés et des produits connexes de référence de composition qui sont caractéristiques des gisements canadiens et qui ne peuvent en général être obtenus d'autres sources. Ces matériaux de référence sont produits à l'intention des laboratoires d'analyse où on effectue des travaux reliés à l'exploitation minière, à la métallurgie et aux sciences de la terre. Les autres matériaux de référence certifiés par le PCMR sont décrits dans un catalogue disponible auprès du CANMET, Énergie, Mines et Ressources Canada, Ottawa (1).

On a choisi de faire la préparation du GTS-1 afin de répondre à des demandes de matériaux de référence de matrice siliceuse relativement simple contenant de l'or. On a réalisé un programme interlaboratoires afin d'obtenir des résultats pour l'or à partir de 22 laboratoires commerciaux, industriels et gouvernementaux utilisant des méthodes analytiques de leur choix. Les résultats devraient donc fournir une indication sur les "méthodes de pointe" pratiques en matière d'analyse de l'or.

NATURE ET PRÉPARATION

Le GTS-1 est un mélange de résidus d'usine donnés par Lac Minerals de Kirkland Lake en juillet 1982 et Dome Mines Limited de South Porcupine (Ontario) en septembre 1982.

Le minerai de la division Macassa de Lac Minerals se compose de veines de quartz, de syénite carbonatée, silicifiée et pyritisée, de syénite porphyrique et de syénite à augite contenues dans des fissures filoniennes, des stockwerks et de brèches filoniennes (2). Il est broyé dans une proportion de 96 à 98 % à une granulométrie de moins 45 µm et traité avec du cyanure de sodium. La gangue est éliminée par filtration et jetée sous forme de résidus.

Le minerai de la Dome Mines Limited se compose d'or dans du quartz et de l'ankérite contenant de la pyrite et de la pyrrhotine à une concentration de 2,5 % environ. La roche encaissante est de la roche verte intermédiaire, du conglomérat, de l'ardoise et du porphyre (3). Le minerai est broyé par voie humide et traité avec du cyanure.

Les échantillons de résidus provenant des deux endroits ont été passés à travers un tamis de 74 µm et mélangés en lots séparés. Environ 179 kg de l'échantillon de Lac Minerals et 116 kg de l'échantillon de la Dome Mines Limited ont été mélangés dans un mélangeur de 570 L pendant 15 heures, puis embouteillés dans des unités de 400 g. D'après l'analyse combinant des essais pyrognostiques et la spectrométrie d'absorption atomique, le GTS-1 est assez homogène en or pour être accepté comme matériau de référence. L'Annexe A résume les résultats de la confirmation de l'homogénéité du GTS-1.

Les tableaux 1 et 2 montrent la composition chimique approximative et les résultats de l'analyse granulométrique.

Tableau 1 - Composition chimique approximative du GTS-1

Élément	poids en %[a]
Si	23,4
Al	6,4
K	3,1
Fe	6,0
Ca	3,9
Na	1,4
C (Total)	2,1
S	1,1
Pertes à la calcination	7,0
H_2O (105°C)	0,12

[a]Moyenne des analyses répétées

Tableau 2 - Analyse granulométrique du GTS-1
(tamisage par voie humide)

Fraction granulométrique(µm)	poids en %*
-104 + 74	0,1
- 74 + 55	7,1
- 55 + 37	8,0
- 37	84,8

*Moyenne des analyses répétées

PROGRAMME INTERLABORATOIRES DE CERTIFICATION

Les laboratoires qui ont participé au programme de certification du GTS-1 sont énumérés dans l'ordre alphabétique à l'Annexe B. On a assigné à chacun un code numérique qui n'a rien à voir avec l'ordre alphabétique.

On a demandé à chaque laboratoire de fournir les résultats de cinq analyses répétées portant sur l'or d'une bouteille de GTS-1, réalisées en utilisant la méthode de son choix, et de présenter les résultats sur une base "tel quel". Cependant, certains laboratoires n'ont pas fourni les résultats de cinq analyses ou ont fourni des résultats obtenus par plus d'une méthode. Dans ce dernier cas, on a considéré chaque ensemble de résultats comme statistiquement indépendant.

Les résultats de l'évaluation de l'homogénéité du GTS-1 faite par le CANMET ont été inclus dans le programme. Cependant, afin d'éviter toute erreur systématique dans les calculs subséquents, on a utilisé seulement cinq résultats choisis au hasard parmi les 45 résultats disponibles. Le Tableau 3 montre la valeur recommandée pour l'or. Les tableaux 4 et 5 contiennent des informations relatives aux méthodes et à l'analyse.

Tableau 3 - Valeur recommandée et paramètres statistiques associés pour l'or du GTS-1

Nombre de laboratoires	22
Nombre de résultats	193
Moyenne	0,346 µg/g , 0,0101 oz/tonne
Limites de confiance de 95 %	
inférieures	0,330 µg/g , 0,0096 oz/tonne
supérieures	0,362 µg/g , 0,0106 oz/tonne
σ_A*	0,017 µg/g

*Écart-type moyen à l'intérieur d'un laboratoire

Tableau 4 - Résumé des méthodes analytiques pour l'or

Méthode	Décomposition, séparation, etc.	Laboratoire	n	$\bar{x}$ (µg/g)
Essai pyrognostique - absorption atomique	Prélèvement de la perle de plomb; dissolution dans HNO_3 + HCl	CANMET, 5A	10	0,34
	Addition d'argent à la masse fondue; prélèvement de la perle de plomb; coupellation jusqu'à l'obtention d'une perle d'argent; séparation de l'argent avec du HNO_3; dissolution de l'or dans de l'eau régale	2,4,6,7,8,9 10,11,12,13, 16b, 18,19,20	97	0,36
	Addition d'argent à la masse fondue; prélèvement de la perle de plomb; coupellation jusqu'à l'obtention d'une perle d'argent; dissolution dans de l'eau régale; extraction de l'or dans de la MIBC	14a, 15	15	0,40

Tableau 4 - Résumé des méthodes analytiques pour l'or (suite)

Méthode	Décomposition, séparation, etc.	Laboratoire	n	$\bar{x}$ (µg/g)
Essai pyrognostique - spectrométrie d'émission	Addition d'argent à la masse fondue; prélèvement de la perle de plomb; coupellation jusqu'à l'obtention d'une perle d'argent; dissolution dans de l'eau régale	5b	5	0,31
Essai pyrognostique - spectrométrie d'émission DCP	Addition d'argent à la masse fondue; prélèvement de la perle de plomb; coupellation jusqu'à l'obtention d'une perle d'argent; dissolution dans de l'eau régale	3a, 17c	14	0,31
Essai pyrognostique - spectrométrie d'émission ICP	Addition d'argent à la masse fondue; prélèvement de la perle de plomb; coupellation jusqu'à l'obtention d'une perle d'argent; dissolution dans de l'eau régale	21	5	0,32
Essai pyrognostique - analyse par activation neutronique	Addition d'argent à la masse fondue; prélèvement de la perle de plomb; coupellation jusqu'à l'obtention d'une perle d'argent	3b, 16a, 17b	26	0,31
Absorption atomique	Dissolution dans de l'eau régale; extraction de l'or dans de la MIBC	14b	5	0,37
Colorimétrie	Grillage jusqu'à 500°C; dissolution dans HNO_3 + HCl + HF + Br_2; extraction de l'or dans du toluène sous forme d'un complexe de bromure-trioctylamine; dosage de l'or en phase organique après traitement avec un complexe cétonique Thio-Michler [I. Tsukahara, Talanta 24 (1977): 633]	1	5	0,27
Analyse par activation neutronique instrumentale	Irradiation directe de l'échantillon	17a	11	0,37

Tableau 5 - Résultats analytiques, moyennes de laboratoire et écarts-types pour l'or

	UG/G					MOYENNE	É-T.
CANMET (FA-AA)	0.336	0.350	0.360	0.360	0.350	.3512	.0099
LAB- 1 (COLOR)	0.276	0.264	0.264	0.278	0.291	.2666	.0109
LAB- 2 (FA-AA)	0.373	0.356	0.330	0.333	0.347	.3478	.0176
LAB- 3 (FA-DCP)	0.300	0.270	0.310	0.330	0.300	.3100	.0233
	0.310	0.350	0.310				
LAB- 3 (FA-NAA)	0.250	0.260	0.290	0.280	0.320	.2860	.0217
	0.300	0.270	0.290	0.290	0.310		
LAB- 4 (FA-AA)	0.368	0.378	0.366	0.360	0.378	.3714	.0068
	0.360	0.364	0.366	0.372	0.376		
	0.360	0.368	0.370	0.364	0.392		
	0.370						
LAB- 5 (FA-AA)	0.327	0.335	0.328	0.335	0.343	.3336	.0065
LAB- 5 (FA-ES)	0.32	0.31	0.31	0.31	0.28	.3060	.0152
LAB- 6 (FA-AA)	0.368	0.362	0.354	0.360	0.359	.3606	.0051
LAB- 7 (FA-AA)	0.408	0.422	0.422	0.409	0.427	.4163	.0093
	0.410						
LAB- 8 (FA-AA)	0.42	0.41	0.39	0.42	0.39	.4120	.0249
LAB- 9 (FA-AA)	0.4115	0.3772	0.3772	0.4801	0.3772	.4046	.0447
LAB-10 (FA-AA)	0.334	0.309	0.386	0.339	0.344	.3432	.0276
LAB-10 (FA-AA)	0.328	0.325	0.365	0.339	0.309	.3332	.0208
LAB-10 (FA-AA)	0.362	0.348	0.363	0.356	0.343	.3424	.0238
LAB-11 (FA-AA)	0.305	0.296	0.300	0.293	0.292	.2972	.0054
LAB-11 (FA-AA)	0.290	0.296	0.315	0.291	0.296	.2976	.0101
LAB-12 (FA-AA)	0.36	0.40	0.36	0.36	0.40	.3760	.0219
LAB-13 (FA-AA)	0.338	0.333	0.338	0.324	0.329	.3324	.0060
LAB-14 (FA-AA)	0.377	0.360	0.395	0.377	0.377	.3772	.0124
LAB-14 (AA)	0.377	0.377	0.360	0.360	0.377	.3702	.0093
LAB-15 (FA-AA)	0.444	0.460	0.463	0.345	0.412	.4052	.0681
	0.366	0.273	0.444	0.355	0.490		
LAB-16 (FA-NAA)	0.321	0.331	0.324	0.340	0.352	.3282	.0196
	0.331	0.310	0.363	0.309	0.301		
LAB-16 (FA-AA)	0.290	0.300	0.330	0.290	0.290	.3000	.0173
LAB-17 (NAA)	0.415	0.378	0.358	0.386	0.373	.3727	.0211
	0.361	0.396	0.346	0.354	0.381		
	0.352						
LAB-17 (FA-NAA)	0.310	0.330	0.300	0.330	0.330	.3250	.0176
	0.350						
LAB-17 (FA-DCP)	0.310	0.310	0.310	0.310	0.300	.3083	.0041
	0.310						
LAB-18 (FA-AA)	0.39	0.39	0.42	0.42	0.42	.4080	.0164
LAB-19 (FA-AA)	0.309	0.296	0.302	0.315	0.322	.3088	.0103
LAB-20 (FA-AA)	0.370	0.357	0.357	0.370	0.370	.3648	.0071
LAB-21 (FA-ICP)	0.37	0.32	0.31	0.30	0.32	.3240	.0270

TRAITEMENT STATISTIQUE DES RÉSULTATS ANALYTIQUES

DÉTECTION DES VALEURS ABERRANTES

On n'a détecté aucune valeur aberrante physique ou statistique dans le cas du GTS-1.

ESTIMATION DE LA VALEUR RECONNUE ET DES LIMITES DE CONFIANCE DE 95 %

On s'est basé sur une analyse de variance pour estimer la valeur reconnue et sa variance. Dans cette approche, on considère que les résultats du programme de certification décrit ne constituent qu'un échantillonnage d'un groupe universel de résultats. On a supposé que les données analytiques étaient appropriées au modèle (4).

$$x_{ij} = \mu + y_i + e_{ij}$$

où x_{ij} = j^e résultat du groupe i,

μ = valeur reconnue réelle,

y_i = écart entre la moyenne des résultats du groupe ($\bar{x}_i$.) et μ, et

e_{ij} = écart entre x_{ij} et $\bar{x}_i$.

On considère que y_i et e_{ij} ont tous deux des distributions normales avec des moyennes de zéro et des variances de σ^2 and σ^2, respective-

ment. On évalue la signification de ω^2 en comparant le rapport des carrés moyens entre groupes aux carrés moyens à l'intérieur des groupes avec la valeur de F au niveau de confiance de 95 % et avec les degrés de liberté appropriés.

La valeur reconnue du modèle considéré est évaluée d'après la moyenne globale $\bar{\bar{x}}..$:

$$\bar{\bar{x}}.. = \sum_{i}^{k} \sum_{j}^{n_i} x_{ij} \Big/ \sum_{i}^{k} n_i$$

où n_i = nombre de résultats du groupe i, et

k = nombre de groupes.

La valeur de σ^2 est évaluée d'après s_1^2 qui est donnée par

$$s_1^2 = \sum_{i}^{k} \sum_{j}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_i.)^2 \Big/ \sum_{i}^{k} n_i - k$$

La valeur de ω^2 est évaluée d'après

$$\omega^2 = (s_2^2 - s_1^2) \Big/ \frac{1}{k-1} \left(\sum_{i}^{k} n_i - \sum_{i}^{k} n_i^2 / \sum_{i}^{k} n_i \right)$$

où

$$s_2^2 = \sum_{i}^{k} n_i (\bar{x}_i. - \bar{\bar{x}}..)^2 \Big/ k - 1$$

La variance de la moyenne globale est donnée par

$$v[\bar{\bar{x}}..] = \left(\sum_{i}^{k} n_i^2 / (\sum_{i}^{k} n_i)^2 \right) \omega^2 + \left(1 / \sum_{i}^{k} n_i \right) \sigma^2$$

et les limites de confiance de 95 % pour $\bar{\bar{x}}..$ sont

$$\bar{\bar{x}}.. \pm t_{0,975,\ (k-1)} \sqrt{v[\bar{\bar{x}}..]}$$

Il faut souligner que des limites de confiance de 95 % signifient que pour 100 exécutions du programme de certification, la moyenne globale serait dans 95 cas à l'intérieur des limites prévues.

L'écart-type moyen à l'intérieur des groupes, σ_A, est une mesure de la précision moyenne à l'intérieur des bouteilles telle que déterminée par les méthodes analytiques utilisées. Il en découle donc qu'un laboratoire utilisant une méthode de reproductibilité moyenne ou supérieure devrait obtenir des résultats particuliers pour un élément certifié donné dont la précision est au moins comparable à la valeur indiquée pour σ_A.

CRITÈRE DE CERTIFICATION

Le rapport de l'écart-type entre laboratoires à l'écart-type à l'intérieur des laboratoires, σ_B/σ_A, dans lequel

$$\sigma_B = \sqrt{\left[\sum_{i}^{k} \left(\bar{x}_i. - (\sum_{i}^{k} \bar{x}_i.)/k \right) \right]^2 \Big/ k-1}$$

est une mesure de la qualité des données de certification pour les matériaux de référence du PCMR (5). La limite maximale admissible pour σ_B/σ_A est de 3 pour tous les éléments à l'exception de l'uranium pour lequel une limite maximale de 2 est plus réaliste.

Le critère pour l'homologation d'un élément dans une matière type est le paramètre RP, le pourcentage des groupes de résultats qui doivent être rejetés pour qu'on obtienne une valeur de σ_B/σ_A égale ou inférieure à la limite admissible. RP ne doit pas dépasser 15 %.

Dans le cas du GTS-1, σ_B/σ_A avait une valeur de 2,31 pour tous les résultats. Alors, RP = 0 % et ce matériau de référence peut être certifié quant à sa teneur en or.

DISCUSSION

Le Tableau 4 est un résumé d'une classification méthodologique des résultats analytiques acceptés dans laquelle il y a une distinction nette entre les méthodes de décomposition, de séparation et de dosage. Comme prévu, la préconcentration de l'or a été réalisée dans la plupart des cas par fusion (essai pyrognostique) après addition d'argent. La plupart du temps, on a terminé par une méthode d'absorption atomique.

MATÉRIAU DE RÉFÉRENCE GTS-1

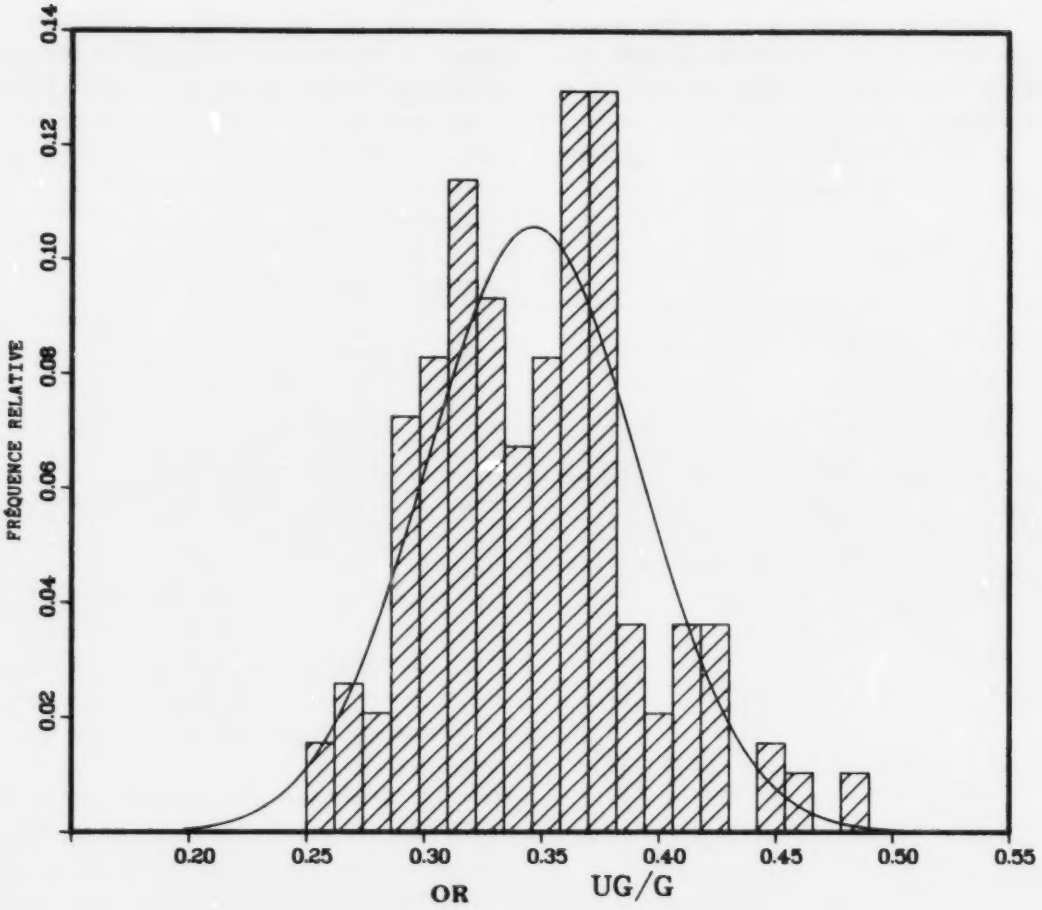

Fig. 1 - Histogramme des résultats pour l'or

La Figure 1 est une représentation graphique de la fréquence relative en fonction de l'intervalle d'or pour tous les résultats. La distribution observée montre le consensus obtenu par les laboratoires participants.

BIBLIOGRAPHIE

1. Steger, H.F. "Certified reference materials", CANMET Report 83-3E. CANMET, Énergie, Mines et Ressources Canada, 1983.

2. Nabb, F.A. et Fox, W.H. "Willroy Mines Limited - Macassa Division", dans CIM Special Volume 16: Milling practice in Canada, édité par D.E. Pickett, p. 78-79, 1978.

3. Hawken, A.C. "Dome Mines Limited", dans CIM Special Volume 16: Milling practice in Canada, édité par D.E. Pickett, p. 60, 1978.

4. Brownlee, K.A. Statistical Theory and Methodology in Science and Engineering, New York: John Wiley and Sons, Inc., 1960.

5. Steger, H.F. "A re-assessment of the criteria for certifiability in CCRMP", Geostandards Newsletter 6 (1982): 17-23.

ANNEXE A

CONFIRMATION DE L'HOMOGÉNÉITÉ DU GTS-1

L'homogénéité du CTS-1 quant à l'or a été confirmée au CANMET par l'analyse en triple de 15 bouteilles basée sur une méthode combinant des essais pyrognostiques et l'absorption atomique (5). Voici comment ces bouteilles ont été choisies. L'ensemble de 720 bouteilles a été divisé en 15 lots de 48 bouteilles. Le code numérique de la première bouteille a été choisi au hasard à l'intérieur du premier lot. Les codes des 14 autres bouteilles ont été formés en ajoutant toujours 48 au code de la bouteille précédente. Le Tableau 6 montre les résultats de l'analyse.

On s'est basé sur une analyse de variance pour évaluer l'homogénéité (4). Dans le cas présent, on compare le rapport du carré moyen entre bouteilles au carré moyen à l'intérieur d'une bouteille avec la variable statistique F au niveau de probabilité de 95 %. On n'a trouvé aucun indice d'inhomogénéité entre les bouteilles dans le cas de l'or.

Tableau 6 - Confirmation de l'homogénéité du CTS-1

	Au µg/g			
Bouteille	Valeur par essai			Moyenne
25	,370	,340	,350	0,353
73	,360	,336	,380	0,359
121	,340	,380	,370	0,363
169	,370	,372	,350	0,364
217	,340	,336	,340	0,339
265	,340	,350	,350	0,347
313	,350	,370	,380	0,367
361	,340	,390	,360	0,363
409	,370	,370	,370	0,370
457	,350	,346	,370	0,355
505	,360	,350	,350	0,353
553	,350	,380	,360	0,363
601	,350	,360	,350	0,353
649	,350	,340	,340	0,343
697	,360	,340	,350	0,350
			Moyenne globale	0,356

Tableau 6 (suite)

Tableau d'analyse de variance pour l'or

Source de variation	Degrés de liberté	Carré moyen
Entre bouteilles	14	$2,458 \times 10^{-4}$
À l'intérieure d'une bouteille	30	$1,869 \times 10^{-4}$
Total	44	

Valeur de F calculée = 1,315
F.95 (14, 30) = 2,0374

L'hypothèse nulle d'une différence de zéro entre les bouteilles est acceptée.

ANNEXE B

LABORATOIRES PARTICIPANTS

Assayer's (Ontario) Ltd.
Toronto (Ontario)
J. van Engelen

Atlantic Analytical Services Ltd.
Saint-Jean (Nouveau-Brunswick)
A. Graham

Bondar-Clegg and Company Ltd.
Vancouver nord (Colombie-Britannique)
R.K. Rogers

Bondar-Clegg and Company Ltd.
Ottawa (Ontario)
P. Haulena

CANMET, Énergie, Mines et Ressources Canada
Laboratoires des sciences minérales
Ottawa (Ontario)

Centre de recherches Noranda
Pointe Claire (Québec)
J.D. Kerbyson

Chemex Labs. Ltd.
Vancouver nord (Colombie-Britannique)
B.L. Twaites

Chemex Labs. (Alberta) Ltd.
Calgary (Alberta)
R.B. Pang

Dome Mines Limited, Assay Office
South Porcupine (Ontario)
W. Clifford

Falconbridge Nickel Mines Ltd.
Metallurgical Laboratories
Thornhill (Ontario)
J.R. Johnston

Hudson Bay Mining and Smelting Company Ltd.
Flin Flon (Manitoba)
D. Allen

INCO Ltd.
J. Roy Gordon Research Laboratory
Sheridan Park (Ontario)
St. J.H. Blakely

INCO Metals Ltd.
Copper Cliff (Ontario)
J. Bozic

Kamloops Research and Assay Laboratory Ltd.
Kamloops (Colombie-Britannique)
D.A. Blundell

Lakefield Research of Canada Ltd.
Lakefield (Ontario)
A.E. Carr

Les Mines Noranda Ltée
Laboratoire Horne Smelter
Noranda (Québec)
M. Bédard

Metriclab (1980) Inc.
Ste-Marthe-sur-le-Lac (Québec)
H. Blais

Mintek
Randburg (Afrique du Sud)
H. Stoch

Nuclear Activation Services Ltd.
Hamilton (Ontario)
F.L. Hoffman

Ontario Ministry of Natural Resources
Geoscience Laboratories
Toronto (Ontario)
C. Riddle

Technical Service Laboratories
Mississauga (Ontario)
A.H. Debnam

X-Ray Assay Laboratories Ltd.
Don Mills (Ontario)
E.J. Brooker

POOR

QUALITY

ORIGINAL